

⑩ 日本国特許庁(JP)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A) 昭60-138430

⑬ Int.Cl.<sup>4</sup>

識別記号

庁内整理番号

⑭ 公開 昭和60年(1985)7月23日

G 01 K 7/36

7269-2F

審査請求 未請求 発明の数 1 (全4頁)

⑮ 発明の名称 電磁誘導による金属板の温度測定方法

⑯ 特 願 昭58-247599

⑰ 出 願 昭58(1983)12月27日

⑱ 発 明 者 柴 田 昌 聡 千葉市川崎町1番地 川崎製鉄株式会社技術研究所内  
⑲ 発 明 者 市 川 文 彦 千葉市川崎町1番地 川崎製鉄株式会社技術研究所内  
⑳ 出 願 人 川崎製鉄株式会社 神戸市中央区北本町通1丁目1番28号  
㉑ 代 理 人 弁理士 高 矢 諭 外1名

明 細 書

1. 発明の名称

電磁誘導による金属板の温度測定方法

2. 特許請求の範囲

(1) 強磁性の金属板と対峙させたコイルに励磁電圧を印加した時の、前記コイルのインピーダンス変化から金属板の温度を測定するようにした電磁誘導による金属板の温度測定方法において、

前記励磁電圧の周波数を、電磁場の浸透深度が金属板の板厚より大となるような低周波数とし、前記インピーダンス変化から、金属板の電気抵抗率の情報のみを得て、これから金属板の温度を測定することを特徴とする電磁誘導による金属板の温度測定方法。

3. 発明の詳細な説明

本発明は、電磁誘導による金属板の温度測定方法に係り、特に、冷間圧延中の鋼板の温度を測定する際に用いるのに好適な、強磁性の金属板と対峙させたコイルに励磁電圧を印加した時の、前記コイルのインピーダンス変化から金属板の温度を

測定するようにした電磁誘導による金属板の温度測定方法の改良に関する。

一般に、金属板の圧延工程、例えば鋼板の冷間圧延工程において、該鋼板の温度を適切に管理することは、鋼板の品質を決定する上で非常に重要なことである。しかしながら、冷間圧延工程においては、鋼板の温度が比較的低いために放射率が小さいことや、鋼板上に水や油が付着していたり、測定器と鋼板との間に水蒸気が存在したりする懸念のために、高温鋼板の温度測定に広く用いられている放射温度計の使用は困難である。

一方、放射温度計の使用が困難な悪環境下における鋼板の温度測定に適した温度測定方法として、既に、例えば特開昭53-20986号で開示されているように、被測定材料である鋼板に対峙させたプローブ型コイルに、比較的高周波(例えば100kHz〜数100kHz)の励磁電圧を印加した時の、前記コイルのインピーダンス変化から、鋼板の温度を測定するようにした、いわゆる電磁誘導による鋼板の温度測定方法が提案されている。

この電磁誘導による鋼板の温度測定方法は、前記コイルのインピーダンス変化に、鋼板の電気抵抗率及び透磁率の情報が含まれており、該電気抵抗率及び透磁率が温度の関数であることから、温度測定を行うものであり、非接触、小型、軽量、安価に温度測定を行うことができるという特徴を有する。しかしながら、コイルのインピーダンス変化から金属板の温度を得るために複雑な補正計算が必要であるだけでなく、鋼板の場合には、応力状態や熱履歴によつて透磁率の値が大きく影響を受けるため、透磁率を含む情報から正確な温度を求めることは困難であるという問題点を有していた。

本発明は、前記従来の問題点を解消するべくなされたもので、金属板の応力状態や熱履歴に関わらず、金属板の温度を、非接触で、且つ、正確に測定することができ、しかも、複雑な補正計算等も不要な、電磁誘導による金属板の温度測定方法を提供することを目的とする。

本発明は、強磁性の金属板と相対させたコイル

に励磁電圧を印加した時の、前記コイルのインピーダンス変化から金属板の温度を測定するようにした電磁誘導による金属板の温度測定方法において、前記励磁電圧の周波数を、電磁場の浸透深さが金属板の板厚より大となるような低周波数とし、前記インピーダンス変化から、金属板の電気抵抗率の情報のみを得て、これから金属板の温度を測定することとして、前記目的を達成したものである。

本発明においては、強磁性の金属板と相対させたコイルに印加される励磁電圧の周波数を、電磁場の浸透深さが金属板の板厚より大となるような低周波数とするようにしたので、コイルのインピーダンス変化から、金属板の電気抵抗率の情報のみを得ることができる。従つて、金属板の透磁率変化の影響を受けることなく、即ち、応力状態や熱履歴に関わらず、正確な温度を測定することができる。しかも、複雑な補正計算等も不要となる。

即ち、第1図に示す如く、平板状の金属板10に相対したフロップ型のコイル12のインダクタ

ンス $L (=X-jY, j=\sqrt{-1})$ は、金属板10の電気抵抗率 $\rho$ 、透磁率 $\mu$ 及びリフトオフ $h$ がそれぞれ増加した時、一般に、第2図(A)に示す如く、インピーダンス平面上において、各矢印 $\rho$ 、 $\mu$ 、 $h$ に示すような方向に変化する。

しかしながら、計算機を用いた計算によれば、励磁電圧の周波数 $f$ が小さく、次の(1)式で示される電磁場の浸透深さ $\delta$ が、金属板10の板厚 $d$ より大きい時、即ち、次の(2)式の関係が成立する時には、金属板10の電気抵抗率 $\rho$ 、透磁率 $\mu$ 及びリフトオフ $h$ が、それぞれ増加した時の、コイル12のインダクタンス $L$ の変化方向は、第2図(B)に示した各矢印 $\rho$ 、 $\mu$ 、 $h$ の方向のようになることを、発明者等は見出した。

$$\delta = (\rho / \pi f \mu)^{1/2} \quad \cdots \cdots (1)$$

$$\delta / d \gg 1 \quad \cdots \cdots (2)$$

即ち、(2)式の条件が成立する時には、金属板10の電気抵抗率 $\rho$ が増加した時のコイル12のインダクタンス $L$ の変化方向は、金属板10の透磁率 $\mu$ 及びリフトオフ $h$ が増加した時のコイル

12のインダクタンス $L$ の変化方向と、ほぼ直交している。従つて、前出(2)式の条件を満足させることによつて、コイル12のインピーダンス変化から、透磁率 $\mu$ の変化の影響を受けない、金属板10の電気抵抗率 $\rho$ の情報のみを得ることが可能である。

以下、図面を参照して、本発明が採用された鋼板温度測定装置の実施例を詳細に説明する。

本実施例において、フロップ型のコイル12は、励磁コイル12Aと、検出コイル12Bと、比較コイル12Cとに分割されている。前記励磁コイル12Aには、発振器20より、前出(2)式の条件を満たす低周波数 $f$ (例えば1KHz以下)の交流電圧が印加されており、これによつて、励磁コイル12Aは、一次磁界を発生させる。この一次磁界により、金属板10に誘電電流が生じ、検出コイル12Bは、この誘電電流により発生した二次磁界を検出する。検出コイル12Bに誘起された誘導起電力と、比較コイル12Cに誘起された誘導起電力との差が、増幅器22で増幅され、第1

及び第2の検波器24及び26の信号入力esとされる。

一方、前記発振器20の出力信号は、第1の移相器28により、位相角 $\phi$ だけ移相された後、前記第1の検波器24の参照入力 $er_1$ とされる。又、同様に、前記発振器20の出力信号は、第2の移相器30により、位相角 $\phi + 90^\circ$ だけ移相された後、前記第2の検波器26の参照入力 $er_2$ とされる。前記第1の検波器24により、信号入力esを第1の参照入力 $er_1$ で同期検波した出力が、第1の電圧計32で測定されると共に、前記第2の検波器26により、前記信号入力esを第2の参照入力 $er_2$ で同期検波した出力が、第2の電圧計34で測定される。

今、リフトオフhを変動させた時、一般に、電圧計32、34の指示値は共に変化する。しかしながら、前記移相器28、30の位相角 $\phi$ を適当に選べば、電圧計32、34の何れか一方の指示値を、リフトオフhの変動に対して不変に保つことができる。そこで、例えば第1の電圧計32の

指示値が、リフトオフhの変動に対して不変になるように、第1の移相器28の位相角 $\phi$ を選ぶと、第1の電圧計32の指示値は、金属板10の電気抵抗率 $\rho$ の値のみに依存し、一方、第2の電圧計34の指示値は、金属板10の透磁率 $\mu$ 及びリフトオフhの両方に依存するものとなる。従つて、例えば、予め作成しておいた校正表を用いて、前記第1の電圧計32の指示値を温度表示に換算することにより、金属板10の温度を正確に測定することが可能となる。

本実施例により、周波数 $f = 100\text{Hz}$ として、板厚 $d = 0.2\text{mm}$ の冷延鋼板の温度を測定した時の、鋼板の温度と第1の電圧計32の指示値との関係の一例を第4図に示す。

本実施例においては、第1の電圧計32の指示値を温度表示に変換する際に、予め作成しておいた校正表を用いるようにしていたので、金属板10の温度を正確に得ることができる。なお、第1の電圧計32の指示値を温度表示に換算する方法はこれに限定されず、近似的に、次のような方法

をとることもできる。

即ち、ある定められたリフトオフhで温度測定を試みる場合、ある既知の金属板温度 $T_0$ における第1の電圧計32の指示値を $V_0$ とし、又、前記発振器20の励磁電圧を $v$ とすると、金属板10の温度が変化して第1の電圧計32の指示値が $V_0 \rightarrow V$ になった時の、金属板10の温度 $T$ は、次式で近似的に表すことができる。

$$T = \alpha (V - V_0) / v + T_0 \quad \dots (3)$$

ここで、 $\alpha$ は、金属板10の材質とリフトオフhによつて決まる係数である。

従つて、この(3)式の関係を用いて、第1の電圧計32の指示値を、近似的に温度表示に換算することが可能である。

なお、本発明は、放射温度計の使用が困難な低温域下で低温の温度測定を行う必要がある、冷間圧延中の鋼板の温度測定に特に有用なものであるが、本発明の適用範囲はこれに限定されず、一般の強磁性体の金属板の温度を低温で測定する必要がある場合に、同様に適用できることは明らかで

ある。又、温度測定装置の構成も、前記実施例に限定されない。

以上説明した通り、本発明によれば、金属板の応力状態や熱履歴に拘わらず、金属板の温度を、非接触で、且つ、正確に測定することができる。しかも、コイルのインピーダンス変化から金属板の温度を得るための、複雑な補正演算も不要である等の優れた効果を有する。

#### 4. 図面の簡単な説明

第1図は、本発明の原理を説明するための、金属板とコイルとの位置関係を示す正面図、第2図(A)、(B)は、同じく、それぞれ励磁周波数が高い時、低い時のコイルインピーダンスの変化状態を示す線図、第3図は、本発明が採用された、鋼板温度測定装置の実施例の構成を示すブロック線図、第4図は、前記実施例における、鋼板の温度と第1の電圧計の指示値の関係の例を示す線図である。

10…金属板、

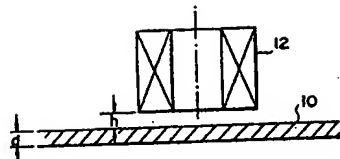
12…コイル、

特開昭60-138430(4)

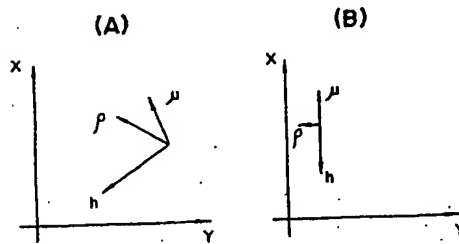
$\rho$  ... 電気抵抗率、  
 $\delta$  ... 浸透深さ、  
 $20$  ... 見掛け、  
 $f$  ... 周波数、  
 $d$  ... 板厚、

代理人 高 矢 雄  
 (ほか1名)

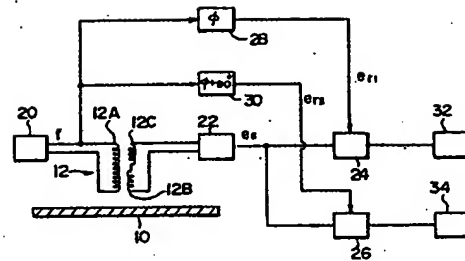
第 1 図



第 2 図



第 3 図



第 4 図

